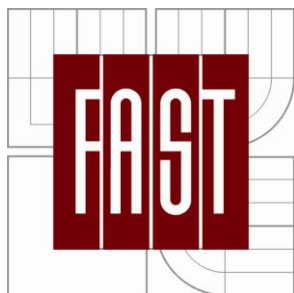


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

# POSOUZENÍ ŽELEZOBETONOVÉHO MOSTU VE VELKÉM MEZIŘÍČÍ

ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BRIDGE IN VELKÉ MEZIŘÍČÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

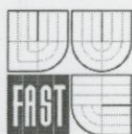
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MILOŠ NECID

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2014



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

**Studijní program**

B3607 Stavební inženýrství

**Typ studijního programu**

Bakalářský studijní program s prezenční formou studia

**Studijní obor**

3647R013 Konstrukce a dopravní stavby

**Pracoviště**

Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Student**

Miloš Necid

**Název**

Posouzení železobetonového mostu ve  
Velkém Meziříčí

**Vedoucí bakalářské práce**

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

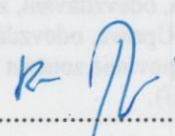
**Datum zadání  
bakalářské práce**

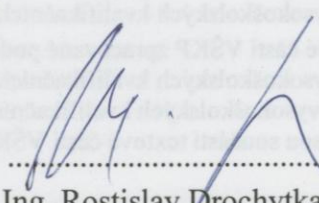
30. 11. 2013

**Datum odevzdání  
bakalářské práce**

30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013

  
.....  
prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.  
Vedoucí ústavu

  
.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT



## Podklady a literatura

1. Stavební podklady (fotodokumentace mostu, zaměření mostu).
2. Platné ČSN a EN normy.
3. Vhodné výpočetní programy (např. Nexis, Scia, Ansys apod.)
4. Studijní opory VUT FAST Brno.

## Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Provést statickou vizuální prohlídku železobetonového mostu, zhodnotit jeho stavebně technický stav. Vypracovat stavební a konstrukční návrh rekonstrukce mostu dle předaných rozměrových, materiálových a zatěžovacích parametrů.

Rozsah bakalářské práce stanoví vedoucí práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

P4) .....

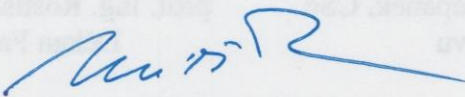
Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x), Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě dle směrnic a na CD (1x).

## Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **Abstrakt**

V Bakalářské práci se zabývám silničním mostem ve Velkém Meziříčí. Most je železobetonová konstrukce o jednom poli, s dvěma hlavními nosníky nad úrovní vozovky.

V první fázi posuzuji stávající stav na mezní stav únosnosti. Výpočet vnitřních sil provádím ručně i v programu Scia Engineer. Dále navrhuji dvě možná řešení opatření na hlavních nosnících pro zvýšení únosnosti a zlepšení rozhledových poměrů na mostu. V obou dvou variantách hlavní nosníky předepínám předpínací výztuží. V poslední variantě navrhuji novou nosnou konstrukci mostu, kterou je dodatečně předepnutá deska.

## **Klíčová slova:**

Rekonstrukce, železobeton, předpjatý beton, kabel, rozhledové poměry, omezení napětí, mezní stav, Velké Meziříčí, most

## **Abstract**

I deal with the road bridge in Velké Meziříčí in the thesis. The bridge is a reinforced concrete structure with one field, with two main beams above the ground level.

In the first phase I assess existing state of the ultimate limit state. I do calculation of internal forces both manually and in Scia Engineer. Furthermore, I propose two possible solutions of measures for the main beams to increase the carrying capacity and improving sight conditions on the bridge. In both variants I prestress the main beams with prestressing reinforcement. In the last option I propose a new bridge supporting structure, which is an additional prestressed slab.

## **Keywords:**

Reconstruction, reinforced concrete, prestressed concrete, cable, sight conditions, tension limitation, limit state, Velké Meziříčí, bridge,

### **Bibliografická citace VŠKP**

Miloš Necid *Posouzení železobetonového mostu ve Velkém*, Brno 2014. 18s., 86s. příloh.  
Bakalářské práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a  
zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27. 5. 2014

.....

Miloš Necid

## **Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 27. 5. 2014

-----

Miloš Necid

## Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Miloši Zichovi Ph.D. za odborné rady a za čas, který mi věnoval při konzultacích diplomové práce.

Také děkuji za podporu rodičů v mém dosavadním studiu.



# Obsah:

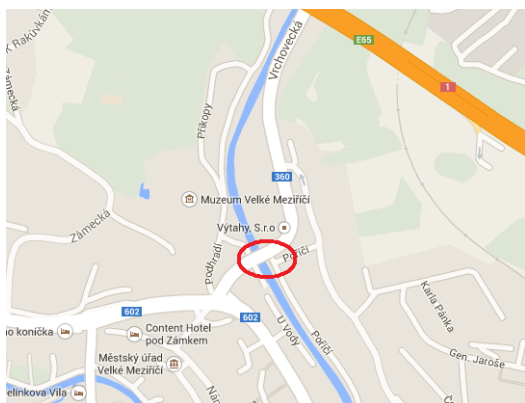
1. Úvod.....	7
2. Problémy na mostním objektu.....	8
3. Varianty řešení.....	9
3.1 Varianta A.....	10
3.2 Varianta B.....	10
3.3 Varianta C.....	12
4. Průvodní zpráva.....	13
4.1 Identifikační údaje objektu.....	13
4.2 Základní údaje o mostě.....	13
4.3 Geologické a hydrogeologické poměry.....	14
4.4 Technické řešení mostu.....	14
4.4.1 Spodní stavba.....	14
4.4.2 Nosná konstrukce.....	14
4.4.3 Dodatečné předpětí.....	15
4.4.4 Vozovka a izolace.....	15
4.4.5 Zábradlí.....	15
5. Závěr.....	16
6. Seznam příloh.....	16
7. Seznam použitých zdrojů.....	16
8. Seznam použitých symbolů.....	17

# 1. Úvod

Most ve Velkém Meziříčí je významným dopravním prvkem tohoto města. Ovšem díky výšce hlavních nosníků zde dochází k velkému počtu dopravních nehod. Tento problém je veřejností i městskou radou velmi diskutován a hledá se varianta možné rekonstrukce či návrhu nového mostu. I z tohoto důvodu jsem si vybral tento most pro moji Bakalářskou práci. V které budu nejprve řešit stávající stav konstrukce a poté navrhnu možné řešení úpravy hlavní nosné konstrukce a návrh nové nosné konstrukce.



*Pohled na most ve Velkém Meziříčí*



*Situace širších vztahů*



*tabulka vytvořena při provedení mostu*

## 2. Problémy na mostním objektu

Problémy na nosné konstrukci bych rozdělil dvou částí. Prvním problémem je únosnost a stav konstrukce. Druhým problémem jsou rozhledové poměry s přilehlými křižovatkami.

V určení únosnosti mostu jsem vycházel z průzkumu uskutečněného před 20 roky. Podle průzkumu byla zjištěna betonářská výztuž v hlavním nosníku o profilu 40mm, která je rozmístěna ve dvou řadách, v každé řadě se nachází 7 stejných profilů. Ze zkoušek kvality betonu byl zjištěn beton, dnešním označením C16/20. Únosnost posuzuji ve statickém výpočtu Stávající stav. Dalším problémem je zanedbaná údržba mostu. Na první pohled si můžeme všimnout odpadané krycí vrstvy betonu v některých částech průřezu. Dále korodující výztuž v těchto místech.

Druhým problémem jsou rozhledové poměry v přilehlých křižovatkách. Nejfrekventovanější z nich je křižovatka s ulicí Poříčí. Tato křižovatka je dopravně vytížená, protože na ulici Poříčí se nachází Dům zdraví, který je velice hojně navštěvován. Na této křižovatce dochází často k dopravním nehodám, v průměru jednou měsíčně. Všechny nehody byly doposud lehčího charakteru, bez vážnějších zranění posádky automobilů. Tento problém je radou města považován, jako jeden z hlavních důvodů nutnosti rekonstrukce či vybudování nového mostu. Na mostu jsem provedl geodetické měření pro určení přesné nivelety mostu i přilehlé křižovatky, z těchto údajů jsem vytvořil trojrozměrný model, z kterého jsem vycházel při návrhu variant úpravy hlavní nosné konstrukce.



*Pohled na hlavní nosnou konstrukci*



*Ukázka chybějící krycí vrstvy betonu a korodující výztuž*



*Pohled z křižovatky na stávající stav mostu*

## 3. Varianty řešení

### 3.1 Varianta A

V této variantě, jsem navrhl úpravu hlavních nosníků, aby bezpodmínečně splňovali rozhledové poměry v přilehlých křižovatkách. Po vytvoření trojrozměrného modelu jsem dospěl k závěru, že ideální by bylo seříznout hlavní nosníky po celé délce o 400 mm. Při seříznutí hlavních nosníků by došlo k znehodnocení třmínků v nosníku a zmenšení únosnosti průřezu v ohybu. Proto jsem navrhl řešit nosník jako předepnutý. Do nosníku se vyvrtají otvory pro předpínací výztuž. Tyto otvory by se vrtaly zespodu po odkrytí krycí vrstvy

betonu, tak aby se poškodila co nejmenší plocha hlavní podélné výztuže nosníku. Kabely budou vedeny těmito otvory, poté přes deviátory nasměrovány na spodní líc průřezu. Při správném návrhu předpětí bych zvýšil únosnost průřezu v ohybu i ve smyku. Bohužel s ohledem na omezení napětí nelze předpětí takto navrhnout viz statický výpočet Varianty A.



*Pohled na variantu A*



*Pohled na variantu A z křižovatky v ulici Poříčí*

### 3.2 Varianta B

V této variantě jsem se snažil co nejlépe skloubit úpravu nosníku, tak aby most vyhovoval rozhledovým poměrům a zároveň aby nosník vyhovoval omezením napětí v betonu i posouzení na mezní stav únosnosti. Jako ideální řešení mi vyšlo seříznout nosník

trojúhelníkově z obou stran. Na kraji o 400 mm a uprostřed ponechání stávající výšky nosníku. Po této úpravě snížím únosnost průřezu v ohybu a díky seříznutí ztratí průřez únosnost třmínků proti usmýknutí. Proto opět navrhuji předpětí, tak aby splňovalo tyto podmínky. Do nosníku se vyvrtají otvory pro předpínací výztuž. Tyto otvory by se vrtaly zespodu po odkrytí krycí vrstvy betonu, tak aby se poškodila co nejmenší plocha hlavní podélné výztuže nosníku. Kabely budou vedeny těmito otvory, poté přes deviátory nasměrovány na spodní líc průřezu.



*Pohled na variantu B*



*Pohled na variantu B z křižovatky v ulici Poříčí*



### 3.3 Varianta C

V poslední variantě jsem navrhl vybudování nové nosné konstrukce. Tuto konstrukci jsem navrhl jako dodatečně předepnutou desku pro návrh kategorie vozovky S7,5, tak aby zůstal, co nejvíc zachován ráz převáděná komunikace. Pro tuto variantu jsem navrhl pouze základní rozměry a spočítal desku na mezní stav únosnosti.



*Pohled na variantu C*



*Pohled na variantu C z křižovatky v ulici Poříčí*

## 4. Průvodní zpráva

### 4.1 Identifikační údaje objektu

Stavba:	Rekonstrukce silničního mostu
Název mostu	Most přes řeku Oslavu ve Velkém Meziříčí
Evidenční číslo	360-43
Kraj	Vysočina
Katastrální území	Velké Meziříčí
Obec:	Velké Meziříčí
Investor	obec Velké Meziříčí, kraj Vysočina
Správce mostu	Krajská správa a údržba silnic Vysočiny

### 4.2 Základní údaje o mostě:

Charakteristika mostu	Trámový železobetonový most o jednom poli
Převáděná komunikace	silnice 2. třídy 360
Délka nosné konstrukce	21,5m
Délka přemostění	19,9m
Rozpětí	20,7m
Volná šířka vozovky	6m
Výška mostu nad terénem	5,42m
Volná výška	3,42m
Stavební výška	2m
Úložný úhel	100g(kolmý)



Spodní stavba

Opěra z monolitického betonu

Rok výstavby

1933

### 4.3 Geologické a hydrogeologické poměry

Stávající konstrukce nevykazuje žádné poruchy vlivem šatného založení stavby nebo odlišným sedáním konstrukce a okolní zeminy. S ohledem na to, že při návrhu konstrukce se nepočítá s větším zatížením mostu, či jiným výraznějším zásahem do spodní konstrukce mostu. Není navržen inženýrsko-geologický průzkum.

### 4.4 Technické řešení mostu

#### 4.4.1 Spodní stavba

Opěry jsou z monolitického betonu. Tyto gravitační opěry jsou obloženy kamennými kvádry s vápenocementovou omítkou. Úložný práh je železobetonový. Rozmístění a profily výztuže neznáme. Závěrná zeď je podle mnou sehnané dokumentace z monolitického betonu. Na opěry navazují kolmé náběhové zdi z lomového kamene. Jelikož se po rekonstrukci nezvětší reakce od hlavní nosné konstrukce, nenavrhují výrazné změny do spodní stavby most. Ovšem navrhuji důkladnou sanaci obložení opěry.

#### 4.4.2 Nosná konstrukce

Nosná konstrukce mostu je tvořena dvěma parapetními nosníky výšky 2m, které jsou 1250mm nad povrchem stávající vozovky. Každý nosník je široký 560 mm. V každém ze dvou hlavních nosníků je ve dvou řadách, v každé z nich 7 profilu 40mm betonářské výztuže. V ose vozovky je jeden podélný trám. V příčném směru nosné konstrukce je 11 příčníků, osově 2,07m. Každý příčník je 0,37m široký a 0,33m vysoký. Nad příčníky je 0,1m tlustá železobetonová deska. Z druhé strany hlavních nosníků je konzolami a ŽB deskou tloušťky 0,1m vynesena chodník. Nosná konstrukce je z betonu C16/20. Tato materiálová charakteristika i rozmístění výztuže byly zjištěny z průzkumu vykonaného před 20 lety

#### 4.4.3 Dodatečné předpětí

V obou dvou variantách rekonstrukce mostu navrhuji hlavní nosníky předeponou předpínací výztuží. V konstrukci budou pomocí technologie diamantového vrtání vyvrtány čtyři 60 mm otvory pro předpínací kabely, podle výkresové dokumentace. Vrtání bude probíhat ze spodní části průřezu po odhalení hlavní podélné betonářské výztuže, tak aby docházelo, co k nejmenšímu porušení stávající výztuže. Poté bude provedena instalace deviátorů a předeprnutí nosníku. Po předeprnutí budou otvory vyplněny injektážní maltou.

#### 4.4.4 Vozovka a izolace

Před předeprnutím bude odkryta stávající konstrukce mostu a posléze vybudována nová konstrukce vozovky. Bude vytvořena nová hydroizolace, kterou budou tvořit asfaltové pásy, na které bude nanесena roznášecí vrstva předem určené výšky, tak aby nedošlo ke snížení nivelety pozemní komunikace a ještě zhoršení stávajících rozhledových poměrů. Na tuto vrstvu bude nanесena skladba vozovky o mocnosti 100mm

#### 4.4.5 Zábradlí

Stávající zábradlí nevyhovuje současným požadavkům na bezpečnost užívání, proto toto zábradlí bude zmontováno a nahrazeno novým. Nové zábradlí bude mít výšku 1100mm. Bude tvořeno tenkou ocelovou rámovou konstrukcí se skleněnou výplní, podle výkresové dokumentace.

## 5. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo posouzení stávajícího stavu železobetonové konstrukce. A možné návrhy úpravy mostu. Podle statického výpočtu stávajícího stavu je konstrukce nevyhovující.

Dále jsem navrhl možné úpravy konstrukce. Varianta A, ideální z hlediska rozhledových poměrů, nevyhoví na omezení napětí v betonu. Proto ji nebudu uvažovat. Varianta B vyhoví, jak na omezení napětí betonu, tak na mezní stav únosnosti. Tato varianta by byla z hlediska realizace nejvíce průchodná. Ve variantě C jsem navrhnul novou nosnou konstrukci. Jejíž realizace by byla s ohledem na stáří stávající konstrukce ideální.

## 6. Seznam příloh

P1	Použité podklady
P2	Statický výpočet
P3	Výkresová dokumentace

## 7. Použité zdroje:

- [1] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1:Zatížení konstrukcí-Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [3] ČSN EN 1991-2. *Eurokód 1:Zatížení konstrukcí-Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [4] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí-Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006

[5] ČSN EN 1992-1-2. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí-Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady*. Praha: Český normalizační institut, 2006

[6] ZICH, Miloš a kolektiv. *Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů*. Praha: Dashöfer, 2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7.

[7] NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008, 186 s. ISBN 978-80-7204-561-7.

[8] STRÁSKY, Jiří; NEČAS, Radim , Radim; KLUSÁČEK , Ladislav; PANÁČEK, Josef. *Betonové mosty I*

## 8. Seznam použitých zkratek a symbolů

A	Plocha
$A_{p1}$	Průřezová plocha jednoho lana předpínací výztuže
$A_s$	Průřezová plocha betonářské výztuže
$A_{sc}$	Průřezová plocha betonářské výztuže tlačené
b	Šířka průřezu
c	Hodnota krycí vrstvy v betonu
$E_{cm}$	Modul pružnosti betonu
$E_p$	Modul pružnosti předpínací oceli
$E_s$	Modul pružnosti betonářské oceli
$g_k$	Charakteristická hodnota stálého zatížení
$f_{cd}$	Návrhová pevnost betonu v tlaku
$f_{ck}$	Charakteristická pevnost betonu v tlaku
$f_{ctd}$	Návrhová pevnost betonu v tahu

$f_{ctm}$	Charakteristická pevnost betonu v tahu
$f_{pd}$	Návrhová mez kluzu předpínací výztuže
$f_{pk}$	Charakteristická mez kluzu předpínací výztuže
$f_{yd}$	Návrhová mez kluzu betonářské výztuže
$f_{yk}$	Charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
$h$	Výška průřezu
$I$	Moment setrvačnosti
$l$	délka
$M$	Ohybový moment
$N$	Normálová síla
$t$	Čas
$x$	Poloha neutrálné osy
$z_{cc}$	Rameno vnitřních sil pro tlačnou část betonu
$z_{pt}$	Rameno vnitřních sil pro předpínací výztuž
$\gamma_c$	Dílčí součinitel pro beton
$\gamma_G$	Dílčí součinitel pro stálého zatížení
$\gamma_p$	Dílčí součinitel pro předpětí
$\gamma_p$	Dílčí součinitel pro betonářskou ocel
$\gamma_Q$	Dílčí součinitel pro proměnné zatížení
$\varepsilon_c$	Poměrné stlačení betonu
$\varepsilon_p$	Poměrné přetvoření betonářské výztuže
$\varepsilon_u$	Poměrné přetvoření betonářské oceli
$\rho$	Objemová hmotnost

$\Delta \sigma_{pel}$	Ztráta postupným předpínáním
$\Delta \sigma_{p, \mu}$	Ztráta předpětí třením
$\Delta \sigma_{pel, g1}$	Ztráta pružným přetvořením betonu
$\Delta \sigma_{pr}$	Ztráta relaxací výztuže
$\sigma_c$	Tlakové napětí v betonu
$\sigma_p$	Napětí v předpínací výztuži
$\sigma_{p,t}$	Základní napětí